体况评分在奶牛生产中的研究进展

王玉洁　霍鹏举　孙雨坤　张永根*
（东北农业大学动物科学技术学院，哈尔滨 150030）

摘　要：奶牛体况评分（BCS）是反映奶牛能量蓄积程度、营养状况和营养管理水平的实用工具。目前，国内外奶牛生产现场以触摸和目测的人工方法测量 BCS，这些方法主观性强，虽然最新的研究利用折叠量角器可以有效测量 BCS，但总体上，仍然具有稳定性和准确性差的缺点。现在，最新研究由超声波成像技术和图像信息系统替代人工方法。超声波测定显示，BCS 每增加 1 分，奶牛尻部厚度就会增加 10 mm；而图像信息系统在奶牛 BCS 方面有较好的应用，不同相机类型可以满足多种生产需求，可见光相机以分析动物轮廓为主要依据，热成像相机通过接收和测量物体表面的红外辐射作为 BCS 的判断依据，而深度相机可以提取奶牛背部更多细节信息从而提高准确率。在奶牛生产中，应该更加关注奶牛泌乳后期及干奶期的 BCS，该时期的 BCS 过高会增加疾病和繁殖障碍的风险，BCS 过低则会使奶牛泌乳初期处于能量负平衡状态。因此，合理的方法加上科学的管理，可以使 BCS 成为奶牛生产中不可缺少的实用工具。

关键词：体况评分；奶牛；图像信息技术；生产应用
中图分类号：S823

奶牛体况评分（body condition score，BCS）是以奶牛脂肪沉积为主要依据，用于直接评估奶牛脂肪储备水平，间接评估奶牛能量积蓄程度，衡量奶牛能量代谢状况，可进一步反映牧场牛群的营养管理水平、健康水平、繁殖性能和生产效率等，是奶牛饲养管理中不可缺少的实用工具之一[1-2]。在国外，BCS 自 20 世纪 70 年代引入奶牛管理以来，研究者和养殖户通过不断的摸索与实践，将 BCS 作为奶牛管理的关键监测工具，并在生产中取得了较好的效果[3-4]。近年来，科学家将 BCS 结合计算机、图像分析、人工智能等技术，对动物体况进行更加快速精准的评价，降低了工作人员的工作强度和工作量，从而大大提高劳动效率，提高经济效益。

我国畜牧业发展正在从散户养殖模式向规模化、机械化养殖模式转型，随着我国奶牛生

收稿日期：2018-03-02
基金项目：国家奶牛技术体系（CARS-36）
作者简介：王玉洁（1995—），女，山东诸城人，硕士研究生，研究方向为反刍动物营养。E-mail: 985649719@qq.com
*通信作者：张永根，教授，博士生导师，E-mail: zhangyonggen@sina.com

产水平和饲养集约化程度的提高，在牛群中经常会出现体况过胖或者过瘦的个体，从而影响群体生产效率[5]。为解决这一问题，我国大型牧场开始借助 BCS 技术来监测牧场的管理。奶牛在生长发育、分娩生产、早期泌乳等不同阶段会不同程度地调动身体脂肪，以满足不同能量需求[6]。养殖者可通过大量数据估测出奶牛群体体况的平均水平，并筛选出与群体平均水平差异较大的个体，及时纠正或改善管理策略，对症下药，通过改变营养物质供给来调控奶牛体脂肪储备，最大限度地减少代谢紊乱疾病和繁殖障碍的发生，提高奶牛生产效率[3]。因此，为降低奶牛养殖成本，充分发挥奶牛个体生产潜力，通过 BCS 技术正确地管理和评估奶牛体况就显得尤为重要。本文综述了近年来奶牛 BSC 技术的主要测定方法以及生产管理中的应用效果。

1 BSC 测定方法

1.1 人工评分

BCS 在不同的国家和地区采用不同的评分标准。如在美国和爱尔兰，使用 5 分制的 BCS 系统，澳大利亚和新西兰分别使用 8 分制和 10 分制的 BCS 系统[7]；丹麦使用 9 分制的 BCS 系统[8]。我国使用最广泛的评分标准是美国的 5 分制 BCS 系统，该系统每 0.25 分为 1 个增量单位，1.00 分为最低的分值，反映瘦牛体况，表示严重瘦弱；而最高分值为 5.00 分，则表示牛体况过于肥胖，如表 1 所示。

表 1 体况评分标准

Table 1 Standard for BCS[9]

体况评分 BCS/分	骨盆区域 Pelvic area	髋骨结节 Hook bones	坐骨结节 Pin bones	肋骨 Ribs	尾根韧带 Tailhead ligament	骶骨韧带 Sacral ligament	髋关节 Thurl	背端肋排 Tips short ribs
<2.00	V 形	有棱角	有棱角，摸不到脂肪	小腿和肋骨之间可见 3/4 褶皱				
2.00	V 形	有棱角	有棱角，摸不到脂肪	小腿和肋骨之间可见 3/4 褶皱				
2.25	V 形	有棱角	有棱角，摸不到脂肪	小腿和肋骨之间可见 1/2 褶皱				
2.50	V 形	有棱角	有棱角，能摸到脂肪	无褶皱				
2.75	V 形	有棱角	触感有较厚的垫层	无褶皱				
3.00	V 形	圆润	触感有较厚	无褶皱				

			的垫层					
3.25	U 形	可见	可见		可见	可见	不平	可见
3.50	U 形	可见	可见		勉强可见	可见	不平	可见
3.75	U 形	可见	可见		不可见	勉强可见	不平	可见
4.00	U 形	可见	可见		不可见	不可见	不平	可见
4.25	U 形	可见	可见		不可见	不可见	平坦	勉强可见
4.50	U 形	可见	不可见		不可见	不可见	平坦	勉强可见或不可见
4.75	U 形	勉强可见	不可见		不可见	不可见	平坦	勉强可见或不可见
5.00	U 形	勉强可见或不可见	不可见		不可见	不可见	平坦	勉强可见或不可见

未说明表示不作为评价指标。

Without information indicated that the index was not used as an analysis index.

评分者需要经过专业的培训和练习后，准确熟练掌握评分部位的解剖结构，才能保证评分的准确性。对奶牛体况进行评分时，被测牛要保持正常的站立姿势，评分者依据评分标准，以视觉和触摸相结合的方式进行评分[9]。首先从侧面观察牛的骨盆区域，检查从髋骨和荐骨连接处过渡到尾骨的连线（坐骨结节—髋骨结节—腰角三点的夹角形状），主要分为以下 3 种情况：三角状（V 型，图 1-a）、新月状（U 型，图 1-b）以及一字状（图 1-c）。当动物的 BCS 接近 3.00 或 3.25 分时，其他特征不能有效突显二者区别，骨盆区域就成为重要的判别依据。最后从牛后方观察检查尾根两侧，根据其尾根及两侧凹窝深浅程度来最终判定具体的分数。

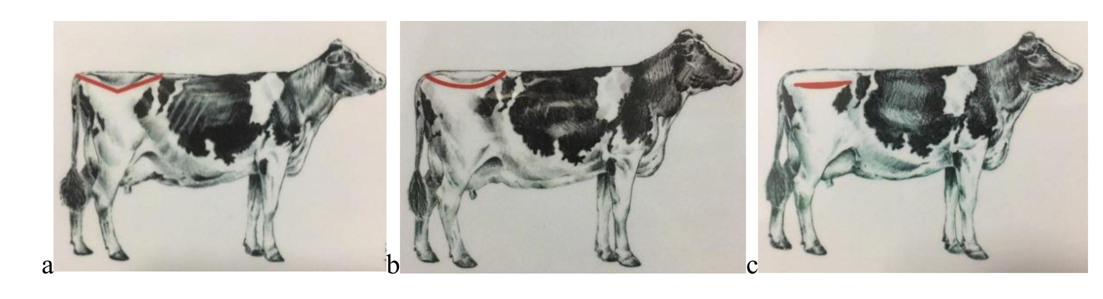


图 1　牛骨盆区域所呈形状

Fig.1　The shape of cow pelvic area

最近，有研究利用折叠量角器进行 BCS 的测量，将折叠量角器打开垂直立于牛臀部上方尾根处，观察量角器内角的开角数值，如图 2 所示，当指针指向红色时表示较瘦，绿色代表适中，黄色代表肥胖,其测量结果与 BCS 的回归公式为：y=9.94x+77.76[决定系数（R^2）=为 0.67;P<0.001][10]。

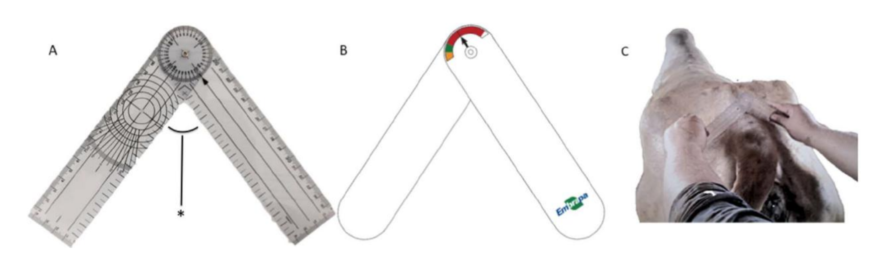


图 2　使用折叠量角器测定 BCS

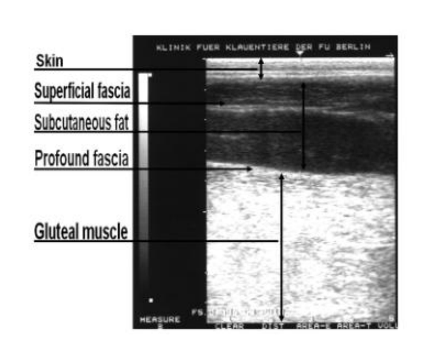
Fig.2　BCS measurement using folding protractor[10]

尽管研究者们对奶牛 BSC 及其影响因素已有成熟的理论分析，但由于人工评分主观性强，其稳定性遭到质疑[6]。且集约化大型牧场奶牛数量庞大，人工方法耗时费力，劳动成本高，重复性较差[11]。因此，研究并开发能够替代人工，方便、快速、准确地记录畜群中每个动物的 BSC 就显得尤为重要。

1.2　超声波成像技术测量尻部厚度（rump thickness，RT）

为克服因人而异造成的 BCS 的不稳定性，有研究者选择了一种间接方法，即超声波成像技术测量 RT[6]。RT 指位于髋关节与坐骨结节之间连线，从后向前的 1/5~1/4 处，臀肌皮肤和深筋膜之间皮下脂肪层的厚度（图 3），可有效评估奶牛皮下脂肪的含量，且随着超声技术的出现，可以直接、有效、客观地测量奶牛的 RT[12]。研究发现，BCS 与 RT 之间关系的相关系数（r）随泌乳期的变化而变化，BCS 与 RT 之间高度相关。在 RT 为 10~35 mm,BCS 为 2.5 分时，其相关性最高。BCS 每增加 1 个单位 RT 增加 10 mm[6]。综上所述，在反映能量利用及脂肪蓄积程度方面，因测量 RT 的结果更加客观稳定，所以在一定程度上可以替代 BCS，但是相较于通过目测和触摸的方式衡量奶牛营养利用情况，选择 RT 作为 BCS 评定指标，其操作的便捷性较差，对于集约化大型牧场而言，不是一种高效的方法，同时购买超声波检测仪也增加了生产成本。





Skin: 皮肤;Superficial fascia: 表层筋膜;Subcutaneous fat: 皮下脂肪;Profound fascia: 深层筋膜;Gluteal muscle:尻部肌肉。

左图黑色实线表示在骶骨检查部位髋骨结节与坐骨结节之间的假想线，蓝色虚线显示了

传感器测量的位置；右图为超声图像。

In the left Fig., the black solid line showed an imagined line between hook bone and pin bone, and the blue dashed showed the test site for the detector; the right Fig. was the ultrasonic image.

图 3　超声波检测仪测检测部位及其超声图像

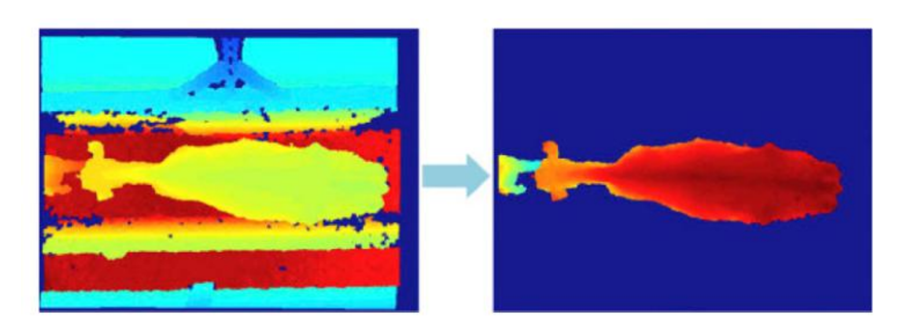
Fig.3　Test sites and ultrasonic image for reflectorscope[6]

1.3　利用机器视觉技术与图片处理技术

近年来，机器视觉技术是一种新兴的人工智能技术，随着成像技术的不断革新，成本不断降低，成像质量和灵敏度不断提高，自动化、非接触、零应激、便捷程度高等优点使其在农业上的应用前景广阔[13]。因此，机器视觉系统为 BCS 的评测提供了更客观、更省时、更经济的方法[14-16]。

图像收集是机器视觉系统的第 1 步，当被测动物通过图像采集区域时，相机会在几秒内捕捉到尻部特征，据此确定 BCS[13]。为保证获取高质量图像作为 BSC 判断依据，近十年来，科研工作者选用了可见光相机、热成像相机以及三维（3D）相机用于动物图像采集。不同的相机会提供不同的图像参数信息，可见光相机可以清晰地捕捉到奶牛尻部轮廓，根据轮廓数据进一步推算得到 BCS。Azzaro 等[17]对比了不同计算模型在奶牛体型外貌轮廓中的应用效果，经过增加体型的可变性因素后，模型降低了错误率，提高了识别率。热成像相机与可见光相机的工作原理类似，通过接收和测量物体表面的红外辐射，相机捕捉到物体发出的热量信息，然后将其转化为辐射温度读数[18-19]。Sheehy 等[20]假设因体型较胖的奶牛尻部更加圆滑，所以更符合抛物线的形态，反之 BCS 较低的尻部形态会偏离抛物线，结合热成像相机自动识别奶牛 BCS，最后的结果显示与人工评分的相关性达到 0.94。

随着技术的改进和成本的降低，3D 相机即深度相机成为了许多机器视觉系统的核心组成部分[21-22]。在成像方面，3D 相机通过发射脉冲，测量发射光从被测物体然后返回到探测器的时间差值来感知深度，以此能够捕捉到奶牛尻部的立体信息，相较于二维（2D）成像，不仅可以获取尻部轮廓，还可以呈现出更多细节，比如荐骨和坐骨之间连线的凹陷程度，脊柱的突出程度等，如图 4 所示，因此可以更准确地测量 BCS[22,23]。在动物图像信息系统领域中较早的研究开发了通过傅里叶算法配合 3D 相机对奶牛 BCS 的精确测量[14]，低成本 3D 相机在 BCS 应用中的可行性在后来得到了论证[24]。另外，由于不同图形的处理方法也会影响 BCS 的准确性，傅里叶算法的平均绝对误差（MAE）为 0.34，主成分分析法（PCA）的平均误差为 0.31~0.33[13,17]。



左图为原始深度图像，右图为左图删除背景后的图像。

The left Fig. showed the image at original depth, and the right Fig. showed the image without background.

图 4　用 3D 相机拍摄的深度图像

Fig.4　Depth images taken with a 3D camera[22]

2　BCS 在奶牛生产中的应用

2.1　BCS 与奶牛营养

奶牛的膘情反映了饲料配方的合理性和奶牛营养代谢稳定性。过瘦则会出现泌乳初期的奶牛因 BCS 下降过快，同时没有足够的体脂储备，导致泌乳期峰值不高、泌乳持续期短、产奶量低等问题，更容易进入能量负平衡状态[25-26]。相反，奶牛过胖则会出现很多代谢疾病或者繁殖障碍，但能量平衡不容易监测，因而需要借助 BCS 来间接评估奶牛能量水平[13]。

虽然很多研究报道了泌乳早期和围产期奶牛需要的合理 BCS 范围，但是并没有明确调控 BCS 的最佳策略。Dale 等[25]的研究设计了在奶牛体况较差的情况下提高分娩前 BCS 的 2 种方法，分别为延长奶牛干奶期的时间以及在泌乳后期提供低蛋白质、高淀粉的饲粮，但结果显示，低蛋白质、高淀粉饲粮对围分娩前期的 BCS 并没有显著的提高效果，而且还会降低干物质采食量（DMI）和乳脂、乳蛋白含量；另外，延长干奶期虽然能够显著提高分娩时的 BCS，但是提高幅度较小，并且效果在分娩后的延续性较差，因此从奶牛生产的角度分析，延长干奶期对奶牛生产性能和健康没有良好的效果。

考虑到奶牛泌乳高峰前的能量代谢水平归功于分娩后的能量储存，BCS 变化与剩余采食量（RFI）和 DMI 之间存在一定的联系。Rathbun 等[27]的试验发现，泌乳早期的 BCS 的变化会显著影响 RFI，但是 BCS 是在很小的波动范围内影响 RFI，因此其准确性受到质疑。研究表明，泌乳早期的奶牛在营养上存在能量负平衡的倾向，因而 BCS 有下降的趋势，但下降幅度不应超过 1.50 分。为此，奶牛泌乳早期应该最大限度地增加采食量，保证奶牛 BCS 不会下降过快导致消瘦。在分娩后的 60 d 内，BCS 下降较快，变化幅度在 0.50~1.00，因而

在泌乳中期应该给奶牛提供额外的饲料以使奶牛逐渐恢复体况；产奶量正常奶牛的泌乳后期、干奶期及低产奶牛通常具有正的能量平衡，BCS 相对较高。表 2 所示为奶牛各阶段理想 BCS。奶牛分娩后 225~250 d 是调整体况的关键时期，对偏瘦牛应补喂优质粗饲料和适当增加精料，因该阶段代谢能转化为体脂肪的效率较高。

表 2　奶牛理想体况评分

Table 2　Ideal BCS of dairy cows[28]

时间 Time	体况评分 BCS/分	说明 Explanation
干奶期（分娩前 20~60 d） Dry period (20 to 60 d before calving)	3.20~3.90	
围产期（分娩前 21 d 至分娩后 21 d） Transition period (21 d before calving to 21 d after calving)	3.10~3.90	
泌乳前期（分娩后 22~150 d） Early lactation (22 to 150 d after calving)	2.60~3.40	
泌乳中期（分娩后 151~200 d） Mid lactation (151 to 200 d after calving)	2.50~3.50	分娩后 60~90 d BCS 下降 0.50~1.50
泌乳后期（分娩后 201~300 d） Late lactation (201 to 300 d after calving)	2.80~3.80	分娩后 210 d BCS 开始上升

2.2　BCS 与奶牛健康

不同时期内合理的奶牛 BCS 是奶牛高产与健康的标志。研究表明，奶牛的身体能量储备和健康程度密切相关，通过观察奶牛在围产期前后或泌乳早期的 BCS 变化，可以有效判断真胃移位、酮病、产褥热、卵巢疾病等疾病的发生概率[29]。但本文仅对近些年内 BCS 表现在奶牛健康方面的主要研究成果进行综述。

研究普遍认为，在干奶期的 BCS 不宜过高。Duffield 等[30]证明了在干奶期时的奶牛 BCS 达到 4.00 或 4.00 分以上时，分娩后出现酮病的几率是低 BCS 奶牛的 1.6 倍。Rathbun 等[27]验证了这一结论，但是此研究结果表明，分娩期的 BCS 对酮病发生几率的判断是无效的。这一结论与先前奶牛分娩期 BCS 大于 3.5 会增加酮病发生几率的结论[23]不符。其原因在 Barletta 等[31]的试验中被分析，可能是在奶牛分娩前 BCS 已经开始发生变化，而这一变化并不具有一致性，在 234 头奶牛中 28%的奶牛分娩后 BCS 会升高，22%保持不变，剩下 50%

的奶牛 BCS 会下降，所以在判断奶牛酮病发生几率时并不能参考分娩时的 BCS。

一般认为，血液游离脂肪酸（NEFA）和β-羟丁酸（BHBA）浓度与分娩期的奶牛 BCS 的相关性较高。其机理可能是因为一方面 BCS 与 DMI 呈现负相关关系，另一方面血液 NEFA 和 BHBA 浓度变化受到能量负平衡和免疫抑制的影响。比如，奶牛健康较差，与分娩期的 BCS 过高，或者在分娩后 BCS 快速下降，分娩后血液 NEFA 和 BHBA 浓度较高有很大关系。Sheehy 等[20]研究证明了分娩前 BCS 开始下降会增加血液 NEFA 和 BHBA 的浓度，从而增加了酮病的发生几率。进一步的研究表明，奶牛围产期共 42 d 的 BCS 与血液 NEFA 和 BHBA 浓度呈正相关关系[31]。因此，干奶期较低的 BCS 使奶牛分娩前后的体况更加稳定，反之分娩前后体况变化则更为剧烈（无论上升还是下降）。另外，在研究脂联素与 BCS 关系的试验中，De Koster 等[32]认为脂联素与干奶期的 BCS 呈负相关关系，但同时脂联素与胰岛素反应和脂肪酸代谢呈正相关关系。

2.3　BCS 与奶牛繁殖

BCS 对奶牛繁殖的影响是多方面的，可直接影响奶牛繁殖效率和繁殖性能，不同繁殖阶段对奶牛 BCS 有不同的要求，合适的 BCS 有较高的繁殖率。饲粮能量水平过高，会导致奶牛体内脂肪沉积过多，体况易变肥，甚至使生殖道（如输卵管进口）被脂肪阻塞，有碍受孕。过于肥胖的牛还会产生繁殖疾病，导致胎衣滞留、难产、繁殖障碍等生殖问题。

过瘦或过肥的奶牛繁殖效率较低，产犊间隔时间较长，且更早回归发情周期[1]。分娩后 BCS 降低会导致分娩后妊娠率降低，低 BCS（<2.5 分）奶牛分娩后体况损失过大、过快都会降低繁殖率。分娩后 BCS 下降小于 1.00 分时，母牛受胎率为 50%；下降 1.00~2.00 分时，受胎率为 24%；下降大于 2.00 分时，受胎率为 21%[33]。研究表明，从分娩前到分娩后 30 d BCS 减少可以导致妊娠失败率提高 2.4 倍[33]。分娩后 BCS 的高低和变化程度都和首次配种受胎率、空怀期、首次发情时间以及首次排卵时间有较大关系[34]。低 BCS 奶牛通过推迟分娩后排卵和减少孕酮浓度来影响繁殖，表现为快速减少孕酮分泌量；而 BCS 较高时，这一影响在开始时比较轻，也不易被很快观察出来，持续降低采食量，将发生排卵推迟和血液孕酮浓度减少[34-35]。因此，BCS 下降和低 BCS 都通过减少孕酮浓度来降低繁殖率。干奶期体况损失严重可能导致流产，如果奶牛在分娩时 BCS 太低可能表现为排卵数降低和妊娠率降低。

3　小　结

BCS 在生产中可以有效反映奶牛的能量水平，是一种方便、快捷、实用的测量工具。人工测量方法已经在国内外奶牛养殖现场中普遍应用，而在科技进步的背景下，以图像信息系统为代表的人工智能方法开始不断在生产中得以尝试。但当前因使用环境多变，不同拍摄

角度或受光线以及设定场所差异的影响，图像信息技术应用效果尚不一致，未来还需收集更多环境模式下的 BCS 图像信息，逐步完善该技术体系。BCS 可以有效管理奶牛泌乳前期能量负平衡的发生，并且应该更加关注干奶期的 BCS 变化，因为在这一时期 BCS 变化直接影响了酮病和繁殖障碍的发生几率，以及脂肪代谢和糖代谢在分娩前后的水平。目前牛场受到人力和技术的限制，使 BCS 并不能长时间持续监测，而在诸如换料应激、热应激或健康应激下产生的 BCS 变化也并不明确，因此未来在条件成熟后应明确 BCS 对不同生产过程中奶牛应激的影响。

参考文献：

[1] BERRY D P,BUCKLEY F,DILLON P,et al.Genetic relationships among body condition score,body weight,milk yield,and fertility in dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2003,86(6):2193–2204.

[2] 朱莹琳,常瑶,李源韬,等.体况评分与步态评分对奶牛生产性能的影响[J].中国畜牧杂志,2018,54(1):125–131.

[3] MORIN P A,CHORFI Y,DUBUC J,et al.Short communication:an observational study investigating inter-observer agreement for variation over time of body condition score in dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2017,100(4):3086–3090.

[4] ROCHE J R,FRIGGENS N C,KAY J K,et al.Invited review:body condition score and its association with dairy cow productivity,health,and welfare[J].Journal of Dairy Science,2009,92(12):5769–5801.

[5] 何东健,刘冬,赵凯旋.精准畜牧业中动物信息智能感知与行为检测研究进展[J].农业机械学报,2016,47(5):231–244.

[6] HUSSEIN H A,WESTPHAL A,STAUFENBIEL R.Relationship between body condition score and ultrasound measurement of backfat thickness in multiparous Holstein dairy cows at different production phases[J].Australian Veterinary Journal,2013,91(5):185–189.

[7] STENGÄRDE L,TRÅVÉN M,EMANUELSON U,et al.Metabolic profiles in five high-producing Swedish dairy herds with a history of abomasal displacement and ketosis[J].Acta Veterinaria Scandinavica,2008,50(1):31.

[8] LASSEN J,HANSEN M,SØRENSEN M K,et al.Genetic analysis of body condition score in first-parity Danish Holstein cows[J].Journal of Dairy Science,2003,86(12):4123–4128.

[9] VASSEUR E,GIBBONS J,RUSHEN J,et al.Development and implementation of a training

program to ensure high repeatability of body condition scoring of dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2013,96(7):4725–4737.

[10] PFEIFER L F M,CASTRO N A,NEVES P M A,et al.Development and validation of an objective method for the assessment of body condition scores and selection of beef cows for timed artificial insemination[J].Livestock Science,2017,197:82–87.

[11] PRYCE J E,WALES W J,DE HAAS Y,et al.Genomic selection for feed efficiency in dairy cattle[J].Animal,2014,8(1):1–10.

[12] SCHRÖDER U J,STAUFENBIEL R.Invited review:methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness[J].Journal of Dairy Science,2006,89(1):1–14.

[13] FISCHER A,LUGINBÜHL T,DELATTRE L,et al.Rear shape in 3 dimensions summarized by principal component analysis is a good predictor of body condition score in Holstein dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2015,98(7):4465–4476.

[14] BERCOVICH A,EDAN Y,ALCHANATIS V,et al.Development of an automatic cow body condition scoring using body shape signature and Fourier descriptors[J].Journal of Dairy Science,2013,96(12):8047–8059.

[15] WEBER A,SALAU J,HAAS J H,et al.Estimation of backfat thickness using extracted traits from an automatic 3D optical system in lactating Holstein-Friesian cows[J].Livestock Science,2014,165:129–137.

[16] FERGUSON J D,AZZARO G,LICITRA G.Body condition assessment using digital images.[J].Journal of Dairy Science,2006,89(10):3833–3841.

[17] AZZARO G,CACCAMO M,FERGUSON J D,et al.Objective estimation of body condition score by modeling cow body shape from digital images[J].Journal of Dairy Science,2011,94(4):2126–2137.

[18] JAMES C A,RICHARDSON A J,WATT P W,et al.Reliability and validity of skin temperature measurement by telemetry thermistors and a thermal camera during exercise in the heat[J].Journal of Thermal Biology,2014,45:141–149.

[19] MATZNER S,CULLINAN V I,DUBERSTEIN C A.Two-dimensional thermal video analysis of offshore bird and bat flight[J].Ecological Informatics,2015,30:20–28.

[20] SHEEHY M R,FAHEY A G,AUNGIER S P M,et al.A comparison of serum metabolic and

production profiles of dairy cows that maintained or lost body condition 15 days before calving[J].Journal of Dairy Science,2017,100(1):536–547.

[21] VÁZQUEZ-ARELLANO M,GRIEPENTROG H W,DAVID R,et al.3-D imaging systems for agricultural applications-a review[J].Sensors,2016,16(5):618.

[22] NASIRAHMADI A,EDWARDS S A,STURM B.Implementation of machine vision for detecting behaviour of cattle and pigs[J].Livestock Science,2017,202:25－38.

[23] GILLUND P,REKSEN O,GRÖHN Y T,et al.Body condition related to ketosis and reproductive performance in Norwegian dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2001,84(6):1390–1396.

[24] SPOLIANSKY R,EDAN Y,PARMET Y,et al.Development of automatic body condition scoring using a low-cost 3-dimensional Kinect camera[J].Journal of Dairy Science,2016,99(9):7714–7725.

[25] DALE A J,PURCELL P J,WYLIE A R G,et al.Effects of dry period length and concentrate protein content in late lactation on body condition score change and subsequent lactation performance of thin high genetic merit dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2017,100(3):1795–1811.

[26] VRIES M J D,VEERKAMP R F.Energy balance of dairy cattle in relation to milk production variables and fertility[J].Journal of Dairy Science,2000,83(1):62–69.

[27] RATHBUN F M,PRALLE R S,BERTICS S J,et al.Relationships between body condition score change,prior mid-lactation phenotypic residual feed intake,and hyperketonemia onset in transition dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2017,100(5):3685－3696.

[28] 李吉楠,孙鹏,覃春富,等.体况评分在奶牛饲养管理上应用的研究进展[J].中国畜牧兽医,2013,40(10):115–119.

[29] AL IBRAHIM R M,KELLY A K,O'GRADY L,et al.The effect of body condition score at calving and supplementation with *Saccharomyces cerevisiae* on milk production,metabolic status,and rumen fermentation of dairy cows in early lactation[J].Journal of Dairy Science,2010,93(11):5318–5328.

[30] DUFFIELD T F,SANDALS D,LESLIE K E,et al.Efficacy of monensin for the prevention of subclinical ketosis in lactating dairy cows[J].Journal of Dairy Science,1998,81(11):2866–2873.

[31] BARLETTA R V,FILHO M M,CARVALHO P D,et al.Association of changes among body condition score during the transition period with NEFA and BHBA concentrations,milk production,fertility,and health of Holstein cows[J].Theriogenology,2017,104:30–36.

[32] DE KOSTER J,URH C,HOSTENS M,et al.Relationship between serum adiponectin concentration,body condition score,and peripheral tissue insulin response of dairy cows during the dry period[J].Domestic Animal Endocrinology,2017,59:100–104.

[33] PÉREZ-HERNÁNDEZ P,GARCÍA-WINDER M,GALLEGOS-SÁNCHEZ J.Postpartum anoestrus is reduced by increasing the within-day milking to suckling interval in dual purpose cows[J].Animal Reproduction Science,2002,73(3/4):159–168.

[34] 朱小瑞,邢世宇,张成龙,等.中国荷斯坦奶牛体况评分对繁殖性能的影响[J].家畜生态学报,2015,36(8):45–49.

[35] BUTLER W R.Energy balance relationships with follicular development,ovulation and fertility in postpartum dairy cows[J].Livestock Production Science,2003,83(2/3):211–218.

Research Progress of Body Condition Score in Dairy Cow Production

WANG Yujie　HUO Pengju　SUN Yukun　ZHANG Yonggen*

(*College of Animal Science and Technology, Northeast Agricultural University, Harbin* 150030, *China*)

Abstract: Body condition score (BCS) is a practical tool to monitor energy accumulation, nutritional status and nutritional management level of dairy cows. At present, BCS is measured by artificial methods of touch and visual observation in domestic and foreign, which have strong subjectivity. In the latest studies, the folding ruler is used to effectively measure BCS, while, in general, the artificial methods still have the disadvantage of poor stability and accuracy. Now, the latest researches reported that artificial methods could be replaced of by reflectorscope and image information system. The results of reflectorscope showed that for each score increase of BCS, gluteal thickness of dairy cows would increase by 10 mm. Image information system has good application in BCS for dairy cows, and different camera types can meet various production needs. Visible light camera is mainly based on the analysis of animal profile; thermal imaging camera uses receiving and measuring infrared radiation on the surface of objects as the BCS judgment basis; depth camera can extract more details about the back of dairy cows to improve accuracy. In

*Corresponding author, professor, E-mail: zhangyonggen@sina.com　（责任编辑　王智航）

dairy cow production, more attention should be paid to BCS of cows during late lactation and dry-milk periods, excessive BCS during the periods can increase the risk of disease and reproductive disorders, and low BCS results in a negative energy balance in the early stage of lactation. Therefore, reasonable method and scientific management can make BCS become an indispensable practical tool in dairy cow production.

Key words: body condition score; dairy cow; image information technology; production and application